

**ANALISA PENGARUH CAIRAN ETSA HNO_3 TERHADAP SAMBUNGAN
BRAZING ANTARA *MILD STEEL* DAN ALUMINIUM SERI 6
MENGUNAKAN VARIASI WAKTU PENGETSAAN**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Progam Studi
Strata I Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh:

EKO CAHYO NUGROHO

D 200 160 003

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2020**

PERSETUJUAN

ANALISA PENGARUH CAIRAN ETSA BNCh TERHADAP SAMBUNGAN
BRAKING ANKARA *MZED STEEL* DAN ALUMINIUM SERI 6
MENGUNAKAN VARIASI WAKTU PENGETSAAN

PUBLIKASI ILMIAH


oleh:

EKO CAT-FYO NUGRORO

D 200 160 003

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen
Pembimbing



Ages Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D

NIDN. 0617067602

HALAMAN PENGESABAN

.k.YLISA PENGARLT CAIRAh ETSA HNOi TERHADAP S14IBti NGAN
BRAKING ANW4 RA MILD STEEL DAN ALUMINIUM SERI 6
MENGGUNAKAN VARIASI WAKTU PENGETSAAN

OLEH

EKO CABYO NUGROHIO

D 200 160 003

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Rabu, 14 Januari 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D
(Ketua Dewan Penguji)
2. Muhammad Al fatih Hendrawan, S.T., M.T.
(Anggota 1 Dewan Penguji)
3. Wijianto, S.T., M.Eng.Sc.
(Anggota 11 Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)

Dekan,



Dr. Sri Sunarjono, M.T., PhD., IPM.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak apat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu t sgimian tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pe dajnt yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, é I Januari 2020

Menulis



EKO CAHYO NUGROHO

D 200 160 003

ANALISA PENGARUH CAIRAN ETSA HNO_3 TERHADAP SAMBUNGAN BRAZING ANTARA *MILD STEEL* DAN ALUMINIUM SERI 6 MENGUNAKAN VARIASI WAKTU PENGETSAAN

Abstrak

Perkembangan teknologi saat ini pengerjaan logam menuntut adanya peningkatan dari segi desain dan rancangan struktur yang ringan dan kuat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perlakuan etsa dalam proses brazing antara mild steel dengan aluminium terhadap struktur micro dan sifat mekanik. Spesimen dalam penelitian ini digunakan aluminium seri 6000, mild steel, alusol ER4043, dan cairan etsa HNO_3 . Pada penelitian ini standart untuk pembuatan spesimen adalah ASTM D1002. Uji foto mikro dilakukan untuk membandingkan kondisi permukaan aluminium dan mild steel dengan dan tanpa perlakuan etsa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik meningkat dengan perlakuan etsa. Kekuatan tarik tertinggi pada perlakuan etsa 40 menit adalah 28,101 MPa. Sementara spesimen tanpa perlakuan etsa didapatkan kekuatan tarik lebih rendah sebesar 9.267 MPa. Pengujian foto mikro menghasilkan perbandingan yang signifikan antara logam dengan dan tanpa perlakuan etsa, dimana terlihat jelas celah atau pori – pori yang terlihat pada spesimen dengan perlakuan etsa selama 40 menit.

Kata kunci: Brazing, Perlakuan Etsa, Struktur Mikro, Kekuatan Tarik

Abstract

The development of technology in today's metalworking demands an improvement in terms of design and designs of lightweight and robust structures. The purpose of this research is to know the effect of etching in the brazing process between mild steel and aluminium against micro structures and mechanical properties. Specimens in this study were used in 6000 series aluminium, mild steel, Alusol ER4043, and HNO_3 etching fluid. In this research standard for specimen making is ASTM D1002. Micro-photo test is done to compare the condition of aluminium surface and mild steel with and without etching treatment. The results showed that the tensile strength was increased by etching treatment. The highest tensile strength in the 40-minute etching treatment is 28.101 MPa. While the specimen without etching treatment is obtained lower tensile strength of 9,267 MPa. Microphoto testing resulted in a significant comparison between the metal and no etching treatment, where it was apparent that the gaps or pores were seen in the specimen with an etching treatment for 40 minutes.

Keywords: Brazing, Etching Treatment, Micro Structure, Tensile Strength.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini perkembangan teknologi pengerjaan logam menuntut adanya peningkatan dari segi desain dan rancangan struktur yang ringan dan kuat. Struktur seperti ini banyak dibutuhkan pada industri otomotif, kedirgantaraan dan perkapalan. Pengelasan merupakan suatu proses penyambungan logam di mana logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa pengaruh tekanan. Pada saat ini teknik pengelasan banyak dipergunakan untuk penyambungan material-material pada konstruksi bangunan dan otomotif. Proses pengelasan banyak dipergunakan pada konstruksi bangunan dan otomotif dikarenakan pada proses pengelasan sangat memudahkan penyambungan sehingga menjadi ringan dan proses pembuatannya menjadi lebih sederhana, sehingga biaya keseluruhan yang dikeluarkan menjadi lebih murah. (Wiryosumarto, H dan Okumura, T. 1981).

Penyambungan terdiri dari berbagai macam cara salah satunya adalah *brazing*. *Brazing* adalah suatu proses penyambungan dua atau lebih logam oleh logam pengisi dengan memanaskan daerah sambungan di atas 450°C (temperatur cair logam pengisi) tanpa mencairkan logam induknya. Sambungan *brazing* yang kuat dapat dicapai dengan pemilihan logam pengisi yang sesuai, pembersihan permukaan logam sebelum *brazing* dan mempertahankan kebersihannya selama proses berlangsung, serta perancangan sambungan yang tepat (Kay, 2003).

Karena sudah banyaknya industri yang menggunakan metode brazing, maka kekuatan sambungan brazing sangatlah diperhatikan. Hal-hal yang dapat mempengaruhi kekuatan sambungan brazing adalah suhu ketika pengelasan, perbedaan material yang digunakan (interfacial), wettability dan etsa (*deep etching*). Etsa (*deep etching*) adalah penggunaan larutan kimia dengan konsentrasi yang tinggi untuk membuat permukaan material yang akan dilakukan proses brazing menjadi kasar (roughing) dari specimen metalografi (H. S. Rawdon, 1920).

Tujuan utama dari pengelasan adalah untuk mendukung beban, sebagian beban mekanis dan sebagian untuk mencapai hasil pengelasan dengan kekuatan yang baik, maka untuk mendapatkan hasil sambungan yang baik dan dapat dijamin kualitasnya, pengelasan sebaiknya menggunakan berbagai bentuk sambungan yang sudah dikembangkan. Terdapat berbagai jenis sambungan las, salah satunya adalah

sambungan lap joint. Sambungan lap joint adalah sambungan yang dibentuk bila dua anggota sambungan diposisikan saling menumpuk satu sama lain, umumnya digunakan selama proses perbaikan dan untuk menambah panjang material standar ke panjang yang diperlukan. (Endriansyah Zulfikri, 2017)

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh hasil Cairan Etsa HNO_3 pada kekuatan proses Brazing pada sambungan *dissimilar* logam terhadap kekuatan tarik, struktur makro, dan struktur mikro hasil yang berbeda. Dari penelitian ini, penulis berharap akan mendapat sebuah kesimpulan mengenai sifat mekanik dan struktur mikro dari proses Brazing material Aluminium dengan *Mild Steel* dengan pengaplikasian cairan Etsa HNO_3 .

1.2 Perumusan Masalah

Tujuan penyusunan tugas akhir adalah bagaimana pengaruh Cairan Etsa HNO_3 pada sambungan terhadap kekuatan tarik, struktur makro dan struktur mikro sambungan material Aluminium seri 6000 dengan *Mild Steel* pada proses *Brazing*.

1.3 Batasan Masalah

Melihat banyaknya masalah dalam penelitian ini, dapat diberikan batasan masalah sebagai berikut:

- 1) Material Aluminium Seri 6000 dengan tebal 2 mm dan *Mild Steel* (MS) dengan tebal 2 mm yang digunakan pada proses penyambungan metode *Brazing*.
- 2) Tipe sambungan yang digunakan untuk metode *Brazing* adalah tipe *lap joint*.
- 3) Proses pengetsaan menggunakan cairan HNO_3 digunakan pada Aluminium dan *Mild Steel*.
- 4) Filler menggunakan alusol (*Aluminium Soldering*)
- 5) Pengujian yang dilakukan : Sifat mekanis (kekuatan tarik), struktur makro dan struktur mikro pada hasil sambungan metode *Brazing*.

1.4 Tujuan Penelitian

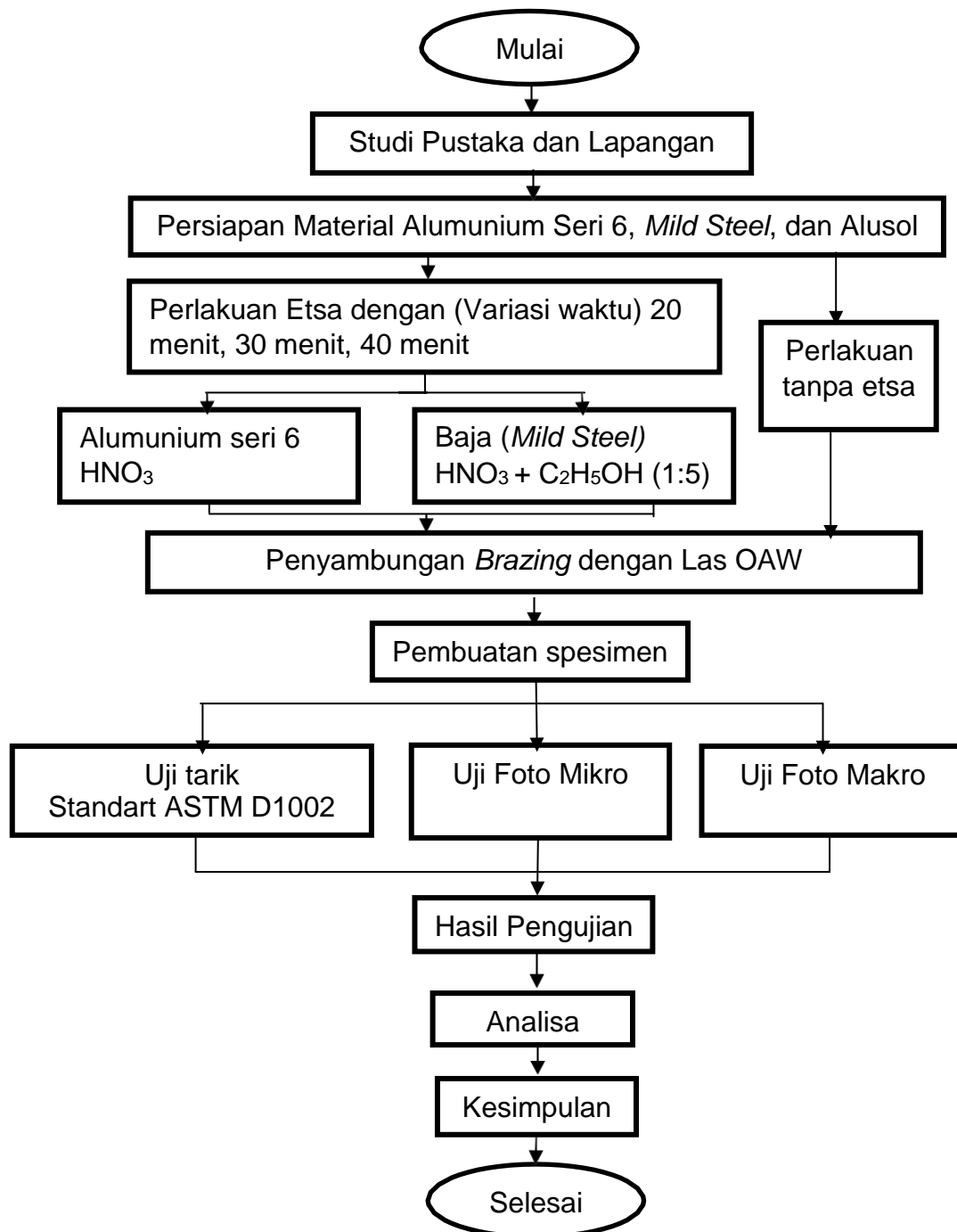
Tujuan dari penelitian Brazing dengan material Aluminium seri 6 dengan *Mild Steel* dengan perlakuan Etsa adalah sebagai berikut:

- 1) Mengetahui pengaruh *Cairan Etsa* pada sambungan dengan metode *Brazing* terhadap sifat mekanik (kekuatan tarik).

- 2) Mengetahui pengaruh *Cairan Etsa* pada sambungan dengan metode *Brazing* terhadap perubahan struktur makro dan strustur mikro dari hasil pengelasan.

2. METODE

2.1 Diagram Alir Penelitian

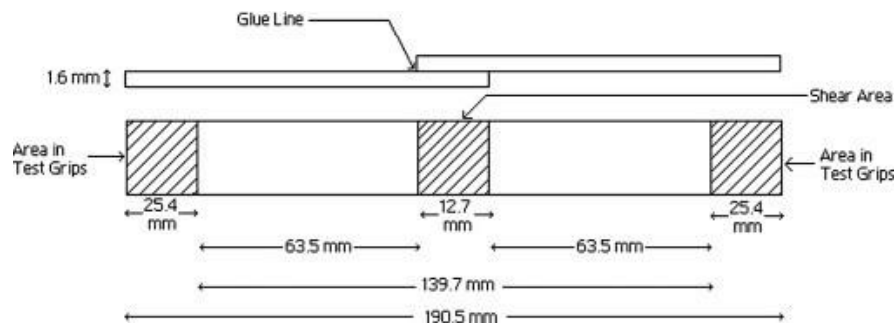


Gambar 1. Diagram alir penelitian

2.2 Proses Penelitian

Langkah-langkah dalam proses penelitian adalah sebagai berikut :

- 1) Mencari referensi mengenai pengelasan mematri (*brazing*), aluminium, pengujian tarik dan pengujian makro baik dari buku, jurnal-jurnal, situs internet, maupun dari tugas akhir terdahulu.
- 2) Menyiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini.
- 3) Pemilihan standart sebagai acuan dalam penelitian ini yang meliputi ukuran spesimen, proses penelitan dan proses pengujian. Standart yang digunakan adalah ASTM D1002 untuk ukuran pembuatan spesimen.



Gambar 2. Ukuran spesimen ASTM D 1002

- 4) Perlakuan etsa pada kedua material yang telah dipotong sesuai ukuran standar ASTM D1002 kemudian perlakuan etsa dilakukan pada sebagian permukaan dengan ukuran yang telah ditentukan, cairan etsa yang digunakan untuk *Mild steel* adalah $\text{HNO}_3 + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ dengan perbandingan 1:5, dan untuk Aluminium menggunakan HNO_3 sebanyak 25 ml dengan variasi waktu 20,30,40 menit.
- 5) Melakukan proses *brazing* dengan menggunakan las OAW (Oxy Acetylene Welding) .
- 6) Setelah melakukan pengelasan, spesimen yang sudah di *brazing* lalu diuji dengan menggunakan alat uji tarik, pengujian mikro, dan pengujian makro.
- 7) Hasil pengujian yang sudah didapat dianalisa dan kemudian diberikan kesimpulan dari apa yang didapat dari pengujian spesimen ini.

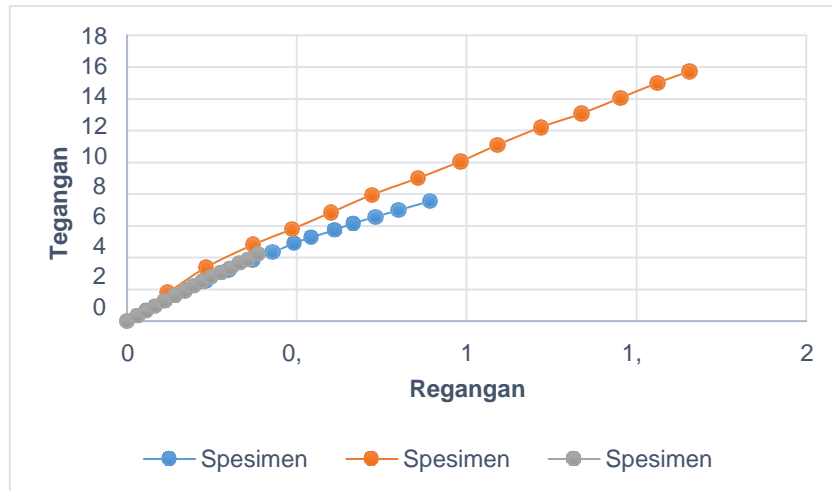
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Pengujian Tarik

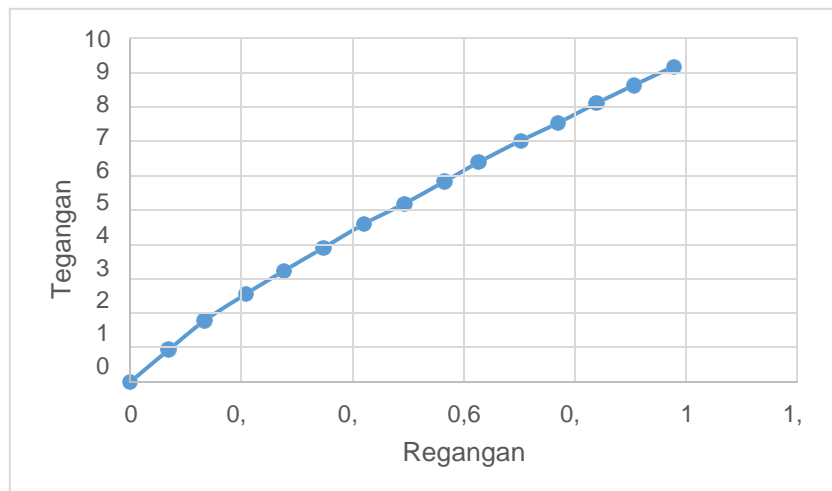
Pengujian tarik geser dilakukan untuk mengetahui kekuatan sambungan *lap joint* dengan metode *brazing* dalam menahan beban yang diberikan. Pengujian tarik geser menggunakan alat uji *Universal Testing Machine* milik bengkel pengelasan

Balai Latihan Kerja (BLK) Surakarta. Pada pengujian ini menggunakan standar ASTM D1002.

1) Hasil Pengujian Tarik Sambungan Aluminium dan Mild Steel Tanpa Perlakuan Etsa



Gambar 3. Hasil pengujian tarik tiga spesimen sambungan lap joint antara aluminium dan *mild steel* tanpa perlakuan etsa.

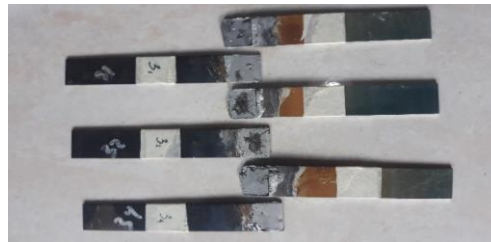


Gambar 4. Hasil rata-rata pengujian tarik tiga spesimen sambungan lap joint antara aluminium dan *mild steel* tanpa perlakuan etsa.

Seperti yang ditunjukkan gambar 3, menunjukkan hasil analisa grafik tegangan dan regangan pengujian tarik tiga spesimen uji, peneliti mendapatkan hasil pengujian tarik pada sambungan lap joint antara aluminium dengan mild steel tebal 2 mm menggunakan filler alusol tanpa perlakuan etsa pada base metal. Pada sambungan spesimen pertama didapatkan hasil tegangan geser sebesar 7,703 MPa dan regangan sebesar 0,71 %, sedangkan pada spesimen ke dua didapatkan hasil

tegangan geser sebesar 15,865 MPa dan regangan sebesar 1,74 %, pada spesimen ke tiga didapatkan hasil tegangan geser sebesar 4,234 MPa dan regangan sebesar 0,30 %.

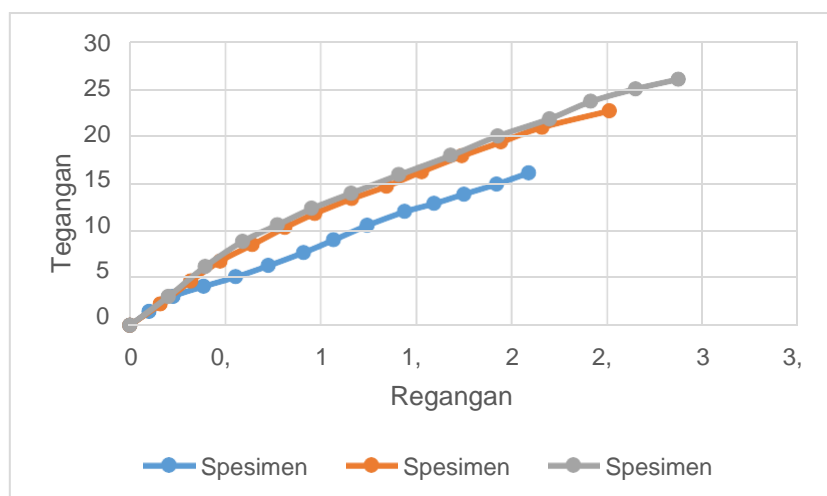
Seperti yang ditunjukkan gambar 4, menunjukkan hasil rata rata tiga spesimen pengujian tegangan dan regangan, dari grafik tersebut didapatkan rata rata tegangan geser sebesar 9,267 MPa, dan regangan sebesar 0,91 %.



Gambar 5. Hasil pengujian tarik sambungan aluminium dengan *mild steel* tanpa perlakuan etsa

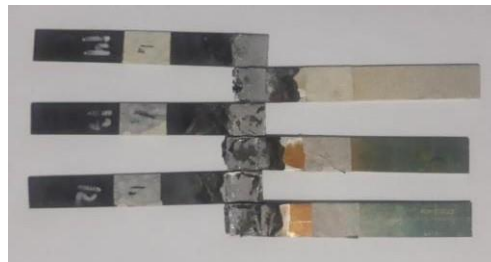
Seperti yang ditunjukkan gambar 5, spesimen yang telah dilakukan pengujian tarik, semua spesimen mengalami putus pada bagian *sambungan brazing (nugget)*. Hal ini terjadi dikarenakan logam base metal lebih kuat dibandingkan sambungan *brazing*. Dari hasil tersebut dapat dijadikan landasan awal hipotesis bahwa perlakuan etsa dapat mempengaruhi kekuatan sambungan brazing yang akan diuji di tahap selanjutnya.

2) Hasil Pengujian Tarik untuk Sambungan Aluminium dan Mild Steel dengan Perlakuan Etsa 20 Menit



Gambar 6. Hasil pengujian tarik sambungan lap joint antara *mild steel* dan aluminium dengan perlakuan etsa 20 menit

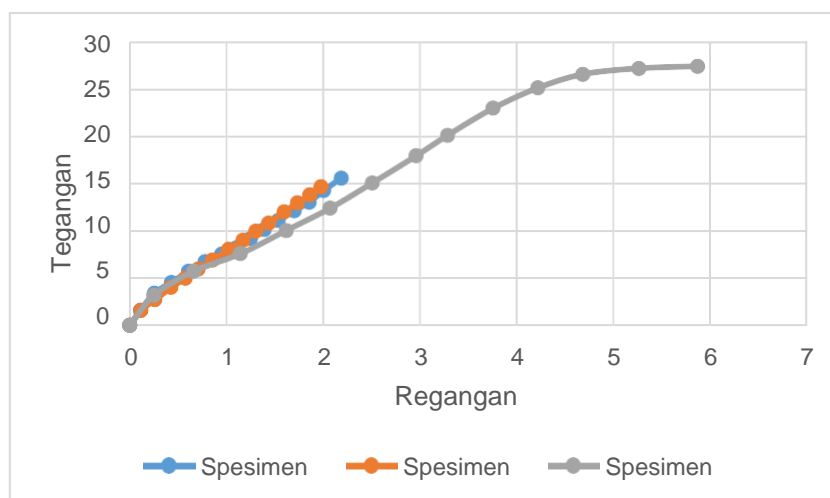
Seperti yang ditunjukkan gambar 4.4, menunjukkan hasil analisa grafik tegangan dan regangan pengujian tarik, peneliti mendapatkan hasil pengujian tarik pada sambungan *lap joint* antara *mild steel* dengan aluminium tebal 2 mm menggunakan *filler* alusol dengan perlakuan etsa 20 menit. Pada spesimen 1 didapatkan hasil tegangan geser sebesar 17,256 MPa dan regangan sebesar 2,14 %. Lalu pada spesimen 2 didapatkan hasil tegangan geser sebesar 25,496 MPa dan regangan sebesar 2,57 %. Pada spesimen 3 didapatkan hasil tegangan geser 27,166 MPa dan regangan sebesar 2,93 %.



Gambar 7. Hasil pengujian tarik sambungan lap joint antara *mild steel* dan aluminium dengan perlakuan etsa 20 menit

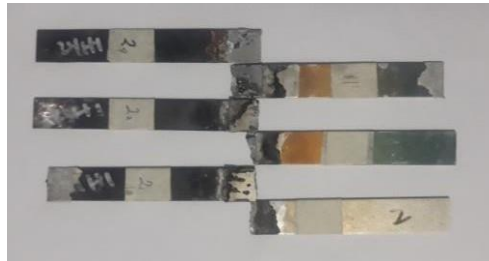
Seperti yang ditunjukkan gambar 7, spesimen yang telah dilakukan pengujian tarik, semua spesimen mengalami putus pada bagian *sambungan brazing (nugget)*. Hal ini terjadi dikarenakan logam base metal lebih kuat dibandingkan sambungan *brazing*.

3) Hasil Pengujian Tarik untuk Sambungan Aluminium dan Mild Steel dengan Perlakuan Etsa 30 Menit



Gambar 8. Hasil pengujian tarik sambungan lap joint antara mild steel dan aluminium dengan perlakuan etsa 30 menit

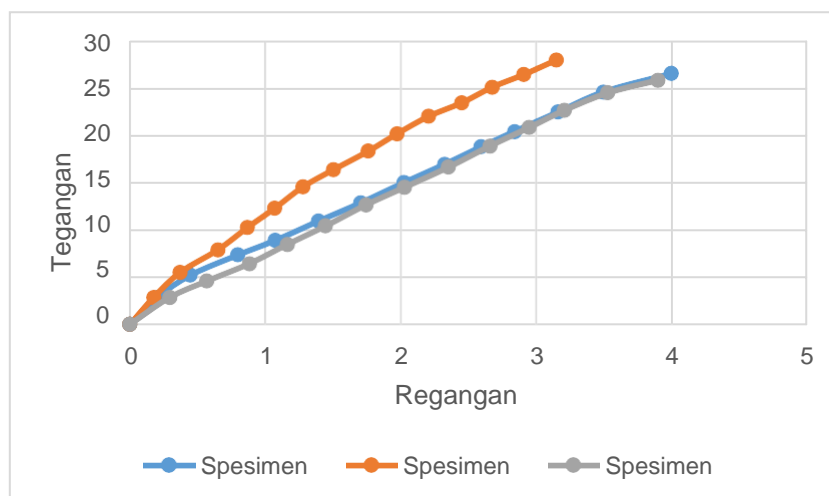
Seperti yang ditunjukkan gambar 8, menunjukkan hasil analisa grafik tegangan dan regangan pengujian tarik, peneliti mendapatkan hasil pengujian tarik pada sambungan *lap joint* antara *mild steel* dengan aluminium tebal 2 mm menggunakan *filler* alusol dengan perlakuan etsa 30 menit. Pada spesimen didapatkan hasil tegangan geser sebesar 16,056 MPa dan regangan sebesar 2,07 %. Lalu pada spesimen 2 didapatkan hasil tegangan geser sebesar 14,665 MPa dan regangan sebesar 1,93 %. Pada spesimen 3 didapatkan hasil tegangan geser 28,402 MPa dan regangan sebesar 5,65 %.



Gambar 9. Hasil pengujian tarik sambungan lap joint antara *mild steel* dan aluminium dengan perlakuan etsa 30 menit

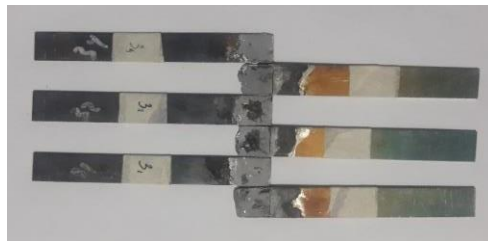
Seperti yang ditunjukkan gambar 9, spesimen yang telah dilakukan pengujian tarik, salah satu spesimen putus di bagian base metal dari variasi perlakuan etsa 30 menit, dan dua spesimen lainnya putus pada area *sambungan brazing*. Pada spesimen yang putus pada *base metal* ini kemungkinan terjadi karena dipengaruhi oleh HAZ (*Heat Affected Zone*) pada *base metal*.

4) Hasil Pengujian Tarik untuk Sambungan Aluminium dan Mild Steel dengan Perlakuan Etsa 40 Menit



Gambar 10. Hasil pengujian tarik sambungan lap joint antara *mild steel* dan aluminium dengan perlakuan etsa 40 menit

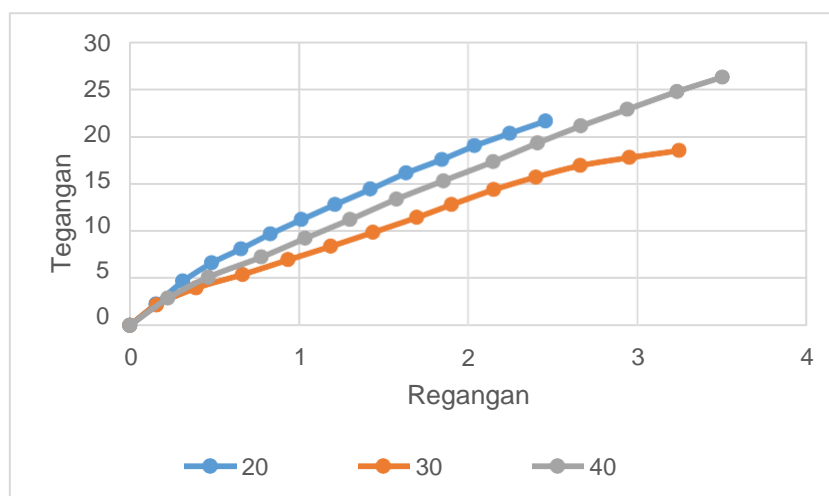
Seperti yang ditunjukkan gambar 10, menunjukkan hasil analisa grafik tegangan dan regangan pengujian tarik, peneliti mendapatkan hasil pengujian tarik pada sambungan *lap joint* antara *mild steel* dengan aluminium tebal 2 mm menggunakan *filler* alusol dengan perlakuan etsa 40 menit. Pada spesimen 1 didapatkan hasil tegangan geser sebesar 28,214 MPa dan regangan sebesar 3,01 %. Lalu pada spesimen 2 didapatkan hasil tegangan geser sebesar 28,101 MPa dan regangan sebesar 3,93 %. Pada spesimen 3 didapatkan hasil tegangan geser 27,924 MPa dan regangan sebesar 3,86 %.



Gambar 11. Hasil pengujian tarik sambungan lap joint antara mild steel dan aluminium dengan perlakuan etsa 40 menit

Seperti yang ditunjukkan gambar 11, spesimen yang telah dilakukan pengujian tarik, semua spesimen mengalami putus pada bagian *sambungan brazing (nugget)*. Hal ini terjadi karena logam base metal lebih kuat dibandingkan *sambungan brazing*.

5) Rata-Rata Hasil Pengujian Tarik untuk Sambungan Aluminium dan Mild Steel dengan Perlakuan Etsa

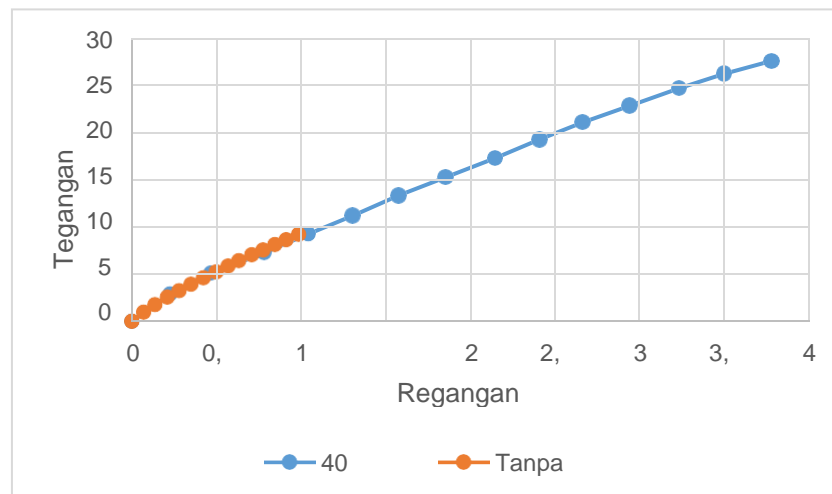


Gambar 12. Hasil rata-rata pengujian tarik sambungan *lap joint* antara *mild steel* dan *aluminium* dengan perlakuan etsa.

Seperti yang ditunjukkan gambar 12, menunjukkan hasil analisa grafik rata – rata tegangan dan regangan pengujian tarik, peneliti mendapatkan hasil pengujian tarik pada sambungan lap joint antara mild steel dengan aluminium tebal 2 mm menggunakan filler alusol dengan perlakuan etsa 20, 30, dan 40 menit. Pada sambungan dengan perlakuan etsa didapatkan hasil rata – rata tegangan gesernya sebesar 23,306 MPa dan rata – rata regangan sebesar 2,55 % pada perlakuan etsa selama 20 menit, sedangkan pada sambungan dengan perlakuan etsa 30 menit didapatkan hasil rata – rata tegangan gesernya sebesar 19,708 MPa dan rata – rata regangan sebesar 3,22 %. Pada sambungan dengan perlakuan etsa selama 40 menit didapatkan hasil rata – rata tegangan geser 27,924 MPa dan rata – rata regangan sebesar 3,60 %.

Dari hal ini, penelitian selanjutnya membandingkan antara hasil pengujian terkuat pada perlakuan etsa 40 menit dengan hasil pengujian tarik tanpa perlakuan etsa.

6) Perbandingan Hasil Pengujian Tanpa Perlakuan Etsa dengan Perlakuan Etsa 40 menit (Hasil Terkuat)



Gambar 13. Hasil perbandingan rata-rata hasil pengujian tarik geser sambungan lap joint antara mild steel dan aluminium tanpa perlakuan etsa dengan perlakuan etsa selama 40 menit (hasil terkuat).

Seperti yang ditunjukkan gambar 13, menunjukkan hasil analisa grafik perbandingan rata – rata tegangan dan regangan pengujian tarik, peneliti mendapatkan hasil pengujian tarik pada sambungan lap joint antara mild steel dengan aluminium tebal 2 mm menggunakan filler alusol tanpa perlakuan etsa

dengan perlakuan etsa selama 40 menit. Pada sambungan tanpa perlakuan etsa didapatkan hasil rata – rata tegangan geser sebesar 9,267 MPa dan rata – rata regangan sebesar 0,91 %, sedangkan pada sambungan dengan perlakuan etsa selama 40 menit didapatkan hasil rata – rata tegangan geser sebesar 27,924 MPa dan rata – rata regangan sebesar 3,60 %.



Gambar 14. Hasil pengujian tarik sambungan *stainless steel* dengan *stainless steel*
(a) Tanpa perlakuan etsa (b) Dengan perlakuan etsa

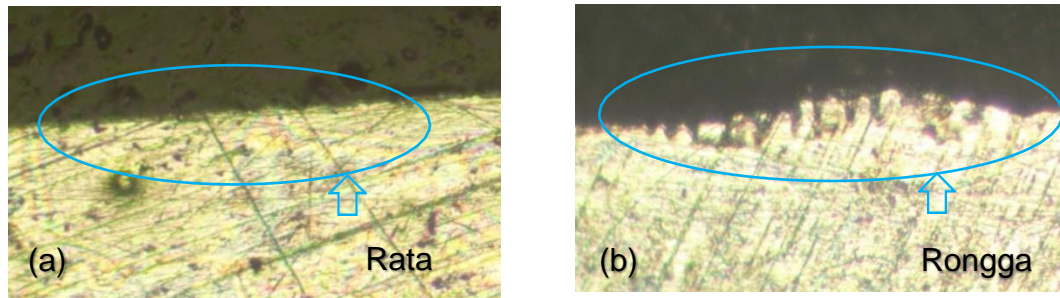
Seperti yang ditunjukkan gambar 14, spesimen yang telah dilakukan pengujian tarik, semua spesimen mengalami putus pada bagian sambungan. Hal ini terjadi karena sambungan brazing kurang kuat dibandingkan base metal dan juga kemungkinan dipengaruhi jenis *filler* yang kurang cocok, karna dalam proses ini menggunakan *filler* seri ER 4043 yang sebagian besar dengan kandungan aluminium.

Seluruh spesimen yang telah dilakukan pengujian Tarik, hampir semua spesimen mengalami putus pada bagian logam las (nugget). Hal ini terjadi karena pada bagian logam induk mild steel dan aluminium lebih kuat dibandingkan sambungan brazing sekaligus membuktikan bahwa penambahan perlakuan etsa dapat mempengaruhi kekuatan tarik geser pada sambungan *brazing*.

3.2 Hasil Pengujian Foto Makro

Pengujian struktur mikro atau foto mikro pada penelitian ini bertujuan untuk melihat kondisi struktur permukaan base metal baik pada mild steel dan aluminium sebelum dan setelah perlakuan etsa.

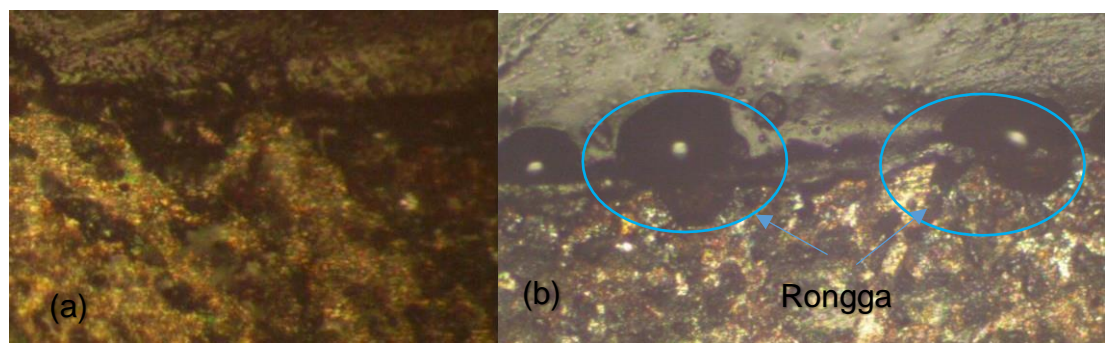
- 1) Analisa Hasil Pengujian Struktur Mikro pada Permukaan Cross Section Aluminium Tanpa Perlakuan Etsa dengan Aluminium Perlakuan Etsa Selama 40 menit.



Gambar 15. Hasil foto mikro aluminium dengan perbesaran 200x, (a) tanpa perlakuan etsa, (b) dengan perlakuan etsa selama 40 menit

Seperti yang ditunjukkan gambar 15 menunjukkan perbandingan hasil foto mikro antara aluminium tanpa perlakuan etsa (a) dan aluminium dengan perlakuan etsa selama 40 menit (b), pada perbesaran yang sama logam pada gambar (a) permukaannya cenderung lebih rata dan tidak terjadi pengkasaran permukaan karena aluminium tersebut tidak diperlakukan proses etsa. Pada aluminium dengan perlakuan etsa selama 40 menit, terlihat adanya pengkasaran permukaan serta timbulnya pori – pori yang disebabkan oleh cairan etsa.

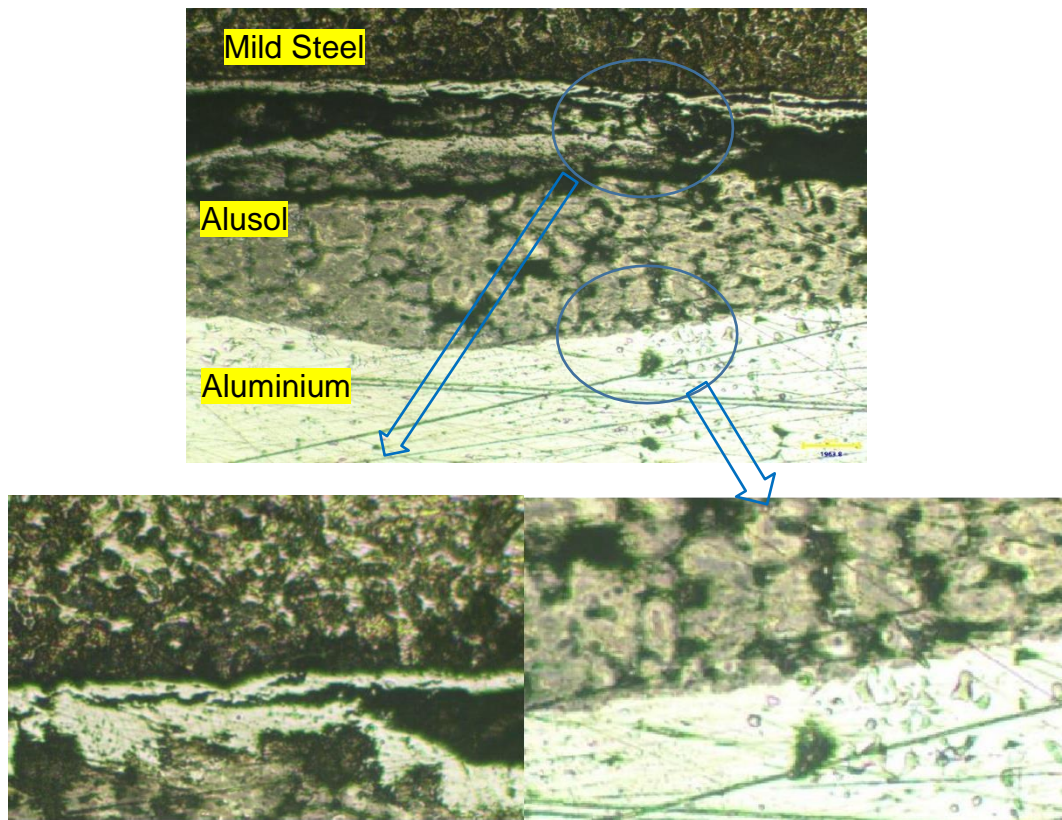
2) Analisa Hasil Pengujian Struktur Mikro pada Permukaan Cross Section Mild Steel Tanpa Perlakuan Etsa dengan Aluminium Perlakuan Etsa Selama 40 menit.



Gambar 16. Hasil foto mikro mild steel dengan perbesaran 200x, (a) tanpa perlakuan etsa, (b) dengan perlakuan etsa selama 40 menit

Seperti yang ditunjukkan gambar 16, menunjukkan perbedaan yang signifikan pada *mild steel* dengan perlakuan etsa selama 40 menit gambar (b) terbentuk pori – pori yang disebabkan karena perlakuan etsa yang ditunjukkan oleh kotak putih, pada gambar (a) tidak terbentuk pori – pori karena tidak dilakukan perlakuan etsa.

- 3) Analisa Hasil Pengujian Struktur Mikro pada Sambungan Brazing Mild Steel dan Aluminium dengan Perlakuan Etsa Selama 40 menit



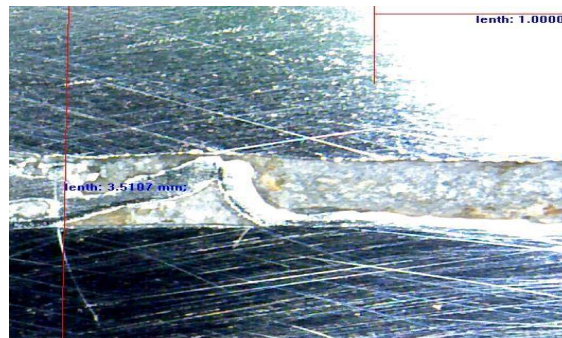
Gambar 17. Hasil foto mikro sambungan brazing mild steel dan aluminium dengan perlakuan etsa 40 menit

Seperti yang ditunjukkan gambar 17, menunjukkan adanya lapisan intermetalik dan void. Lapisan intermetalik adalah senyawa logam yang terbentuk pada antarmuka antara logam yang berbeda. Dan void terjadi karena tidak meratanya cairan alusol ke permukaan antara logam aluminium dan mild steel.

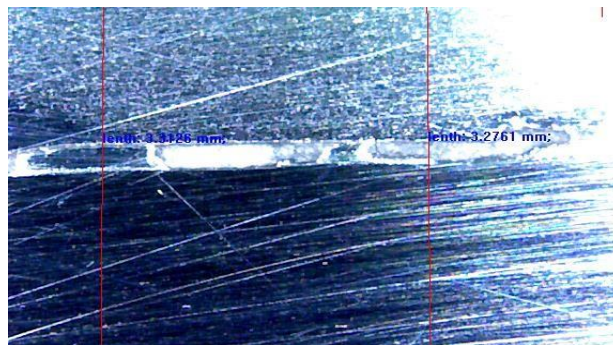
3.3 Hasil Pengujian Foto Makro

Pengujian struktur makro atau foto makro pada penelitian ini bertujuan untuk melihat kondisi struktur permukaan base metal setelah perlakuan etsa dan dilakukannya *brazing*.

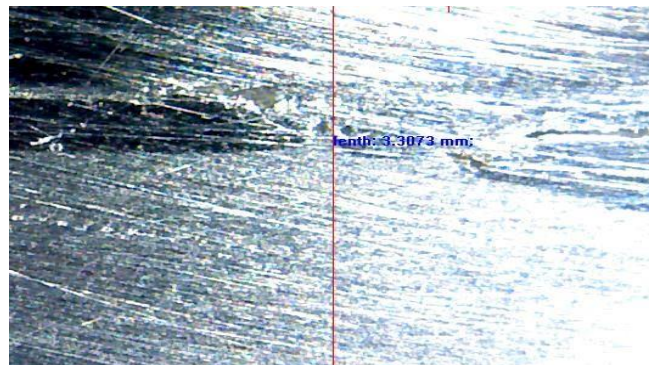
1) Analisa Hasil Pengujian Struktur Makro pada Sambungan Brazing Mild Steel dan Aluminium dengan Perlakuan Etsa Selama 20, 30, dan 40 menit



Gambar 18. Hasil foto makro sambungan brazing mild steel dan aluminium dengan perlakuan etsa 20 menit



Gambar 19. Hasil foto makro sambungan brazing mild steel dan aluminium dengan perlakuan etsa 30 menit



Gambar 20. Hasil foto makro sambungan brazing mild steel dan aluminium dengan perlakuan etsa 40 menit

Pada pengamatan struktur makro sambungan brazing aluminium dan *mild steel* menunjukkan bahwa filler alusol dapat menyatu atau bercampur dengan aluminium, sedangkan filler alusol tidak dapat bercampur dengan *mild steel* namun hanya menempel. Ini dikarenakan titik leleh *mild steel* yang lebih tinggi dibandingkan aluminium dan alusol, sehingga tidak dapat bercampur.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

- 1) Kekuatan geser pada sambungan *brazing* antar plat aluminium tebal 2 mm dan mild steel tebal 2 mm dengan *filler* alusol tanpa perlakuan etsa memiliki tegangan geser rata-rata sebesar 9,267 MPa dan regangan memiliki nilai sebesar 0,91 %. Kekuatan geser pada sambungan *brazing* antar plat aluminium tebal 2 mm dan mild steel tebal 2 mm dengan *filler* alusol dengan perlakuan etsa selama 20 menit memiliki tegangan geser rata-rata sebesar 23,306 MPa dan memiliki nilai regangan sebesar 2,55 %. Pada perlakuan etsa selama 30 menit memiliki tegangan geser rata-rata sebesar 19,708 MPa dan memiliki nilai regangan sebesar 3,22 %. Pada perlakuan etsa selama 40 menit memiliki tegangan geser rata-rata sebesar 27,924 MPa dan memiliki nilai regangan sebesar 3,60 %. Ini menunjukkan bahwa, perlakuan etsa mempengaruhi hasil uji kekuatan geser pada sambungan proses *brazing*. Dimana perlakuan etsa meningkatkan kekuatan geser sambungan proses *brazing*.
- 2) Hasil pengamatan struktur mikro menunjukkan, bahwa pada permukaan *mild steel* tanpa perlakuan etsa tidak terbentuk pori-pori sedangkan pada permukaan *mild steel* dengan perlakuan etsa terbentuk pori-pori. Lalu pada permukaan aluminium tanpa perlakuan etsa cenderung lebih rata dan tidak terjadi pengkasaran permukaan, sedangkan pada aluminium dengan perlakuan etsa, terlihat adanya pengkasaran permukaan serta timbulnya pori – pori yang disebabkan oleh cairan etsa. Karena adanya pori – pori tersebut diindikasikan akan diisi oleh filler alusol pada saat proses *brazing* yang mempengaruhi kekuatan tarik sambungan *brazing*.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian sambungan *brazing* antara plat aluminium dengan *mild steel* menggunakan *filler* alusol yang telah dilakukan, penulis menyarankan beberapa hal antara lain:

- 1) Sebelum melakukan proses *brazing* disarankan agar memahami tentang *standart* yang akan digunakan dan jurnal yang berkaitan. Agar dalam pengerjaannya nanti bisa lebih cepat dan maksimal.
- 2) Sebelum melakukan proses *brazing* usahakan material yang akan *dibrazing* bersih dan tidak terdapat karat ataupun kotoran. Yang dimana nanti akan mempengaruhi kekuatan sambungan *barazing*.
- 3) Penelitian selanjutnya juga disarankan menggunakan variasi logam yang berbeda atau menggunakan variasi *gap* antar material.

DAFTAR PUSTAKA

ASM Handbook Vol 6. Pdf, 1993, *Welding Brazing and Solering*, ASM HandbookCommite, United State.

ASTM Handbook Vol 9. Pdf 1998, *Metallography and Microstructures*, ASM Handbook Commite, Unitetd State, USA.

Endriansyah Zulfikri, 2017, *Analisa Kekuatan Mekanik Dan Struktur Metologiografi Pada Metode Brazing Antara Aluminium Dan Besi Dengan Menggunakan Filler Alusol*, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Kay, D. 2003. *Preparing Parts For Brazing*, <http://www.nw3.nai.net/dankay>, Connecticut.

Mardiana, dan Djoko W. Karmiadji, 2010. *Analisis Pengaruh Proses Brazing Kuningan Terhadap Perubahan Sifat Mekanis Dari Pipa Baja Karbon Rendah*, Forum Teknik Volume 33 Nomor 3 (September 2010), Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya, Bukit Besar, Palembang. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Pancasila Srengseng Sawah, Jakarta Selatan.

Roni Hidayat, 2017, *Analisa Kekuatan Tarik Sambungan Tipe Simple Lap Joint Plat Almunium Tebal 2 Mm Dengan Metode Brazing*, Universitas Muhammadiyah Surakarta

- Sapetina Prian. 2010, *Pengaruh Jarak (GAP) Terhadap Kekuatan Geser Pada Sambungan Torch Brazing Dengan Filler Paduan Perak*, Tugas Akhir S1, Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- V. F. Khorunov and O. M. Sabadash, E. O. 2013, *Brazing of Aluminium and Aluminium to Steel*, Woodhead Publishing, Paton Electric Welding Institute, Ukraine.
- Wirjosumarto, H. Dan T. Okumura, 2000, *Teknologi Pengelasan Logam*, cetakan kedelapan pradya pramita, jakarta.